

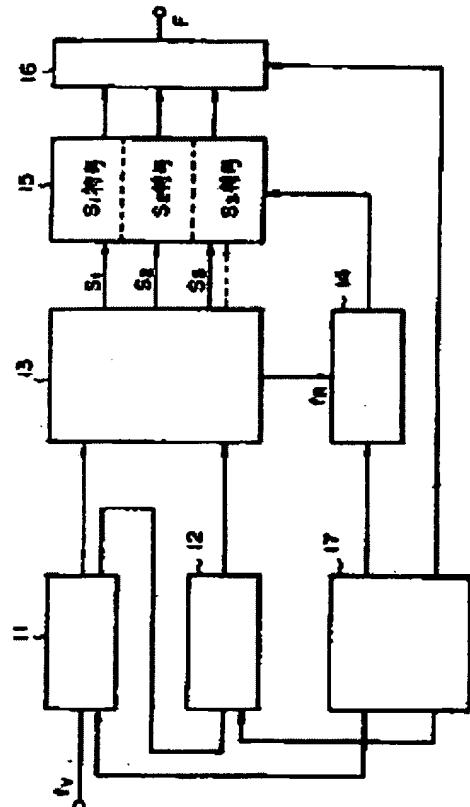
REDUNDANCY SUPPRESSION CODING SYSTEM

Patent number: JP55124361
Publication date: 1980-09-25
Inventor: OCHI HIROSHI; others: 01
Applicant: NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
Classification:
- international: H04N1/41
- european:
Application number: JP19790031932 19790319
Priority number(s):

Abstract of JP55124361

PURPOSE: To ensure the high compression factor without causing the picture quality lowering of the picture signal, by giving the coding to the information of the density level boundary of the picture signals including the intermediate gradation and quantized.

CONSTITUTION: The contents of the coding scanning line of picture signal fV and the reference scanning line are memorized in line memories 11 and 12 each. And memories 11 and 12 supply their contents to discriminator circuit 13. Thus circuit 13 discriminates the following states: state S1 under which the connection is secured from the reference scanning line onto the coding scanning line; state S2 which exists on the reference scanning line but disappears on the coding scanning line; and state S3 which is caused newly on the coding scanning line respectively. Code generator 15 receive states S1-S3, the run length and the new density level signal of state S3 to generate the corresponding codes. These generated codes are supplied to buffer memory 16 to be stored there temporarily. Thus code signal F can be obtained at the output terminal of memory 16. The application is possible to the redundancy suppression of the color picture signal by securing the correspondence between the density level and the kinds of color.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

⑩ 日本国特許庁 (JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報 (A)

昭55-124361

⑬ Int. Cl. 3

H 04 N 1/41

識別記号

厅内整理番号

7245-5C

⑭ 公開 昭和55年(1980)9月25日

発明の数 2

審査請求 有

(全 8 頁)

⑮ 冗長度抑圧符号化方式

究所内

⑯ 発明者 山本哲二

横須賀市武1丁目2356番地日本
電信電話公社横須賀電気通信研
究所内

⑰ 特 願 昭54-31932

⑰ 出 願 昭54(1979)3月19日

⑰ 発明者 越智宏

横須賀市武1丁目2356番地日本

電信電話公社横須賀電気通信研

究所内

⑰ 出 願 人 日本電信電話公社

⑰ 代 理 人 弁理士 草野卓

明 論 審

1 発明の名称

冗長度抑圧符号化方式

2 特許請求の範囲

(1) 量子化された個々の濃度レベルの端を示す境界について (1) 参照走査線上から符号化走査線上に接続している状態と、(2) 参照走査線上で存在するが、符号化走査線上に接続せず消滅している状態と、(3) 参照走査線上に接続せず符号化走査線上で新しく発生している状態と、を識別してそれ等を示す状態を符号化し、(1)の状態では符号化走査線上での境界の位置を知る情報をこれに加え、(3)の状態では新しく発生した境界の位置ならびにその境界に接続する色調の種類に対応する情報をこれに加えて符号化信号を得ることを特徴とするカラー画像信号の逐次処理冗長度抑圧符号化方式。

(2) 量子化された個々の異なる色調が (1) 参照走査線上から符号化走査線上に接続している状態と、(2) 参照走査線上で存在するが、符号化走査線上に接続せず消滅している状態と、(3) 参照走査線上に

接続せず符号化走査線上で新しく発生している状態と、を識別してそれ等を示す状態を符号化し、(1)の状態では符号化走査線上での境界の位置を知る情報をこれに加え、(3)の状態では新しく発生した境界の位置ならびにその境界に接続する色調の種類に対応する情報をこれに加えて符号化信号を得ることを特徴とするカラー画像信号の逐次処理冗長度抑圧符号化方式。

3 発明の詳細な説明

この発明は中間調を含む画像信号もしくはカラー画像信号の冗長度抑圧符号化方式に関するものである。

ファクシミリ等の画像信号を中間調を保持しながらデジタル的に電送するには長い電送時間を必要とする。例えば 16 色調の中間調を表すには 4 ビット必要なのでこの場合の電送時間は白黒 2 色の場合の 4 倍になる。また画像信号を記憶するにあたっても同様の理由で多くの記憶容量を必要とする。このため画像信号の冗長度抑圧により電送時間の短縮化をはかり記憶容量の低減をはかる

(1)

(2)

ことが從来から図示されていた。中間調を含む画像信号の冗長度抑圧技術としては、テレビジョン画像の電送等に用いられるアルタ受調のような方法が從来から使用されているが、この方法は原理的に画像信号の画質劣化をともなう欠点があつた。

この発明は中間調を含む画像信号の量子化された濃度レベルの境界、あるいはカラー画像信号の各色調ごとの境界の情報を符号化するもので、その目的は画像信号の画質劣化を生じることなく高い圧縮率を得ることにある。以下この発明を中間調を含む画像信号に適用した実施例を中心に図面を使用して詳細に説明する。

図1図はこの発明の実施例の原理説明図であつてAは符号化しようとする符号化走査線、Bは参照走査線であり符号化された符号化走査線の画像信号を復号するにあたつては、参照走査線の画像信号は既知であると考える。図の破線で囲まれた一つの領域は一画素を表わし、各走査線上にある実線の区切り $P_1, P_2, P_3, Q_1, Q_2, Q_3$ は同じ内容の画像信号を持つ領域の境界を示す。即ち



(3)

カラー画像信号の場合には各色ごとの境界、中間調画像信号では濃度レベルごとの境界となる。中間調を含む画像をデジタル信号で表示するためには量子化を行う必要があるが、原画像の各画素の濃度レベルを量子化すると画像上で量子化された濃度レベルごとの境界が生じる。例えば第0(白)レベルから第7(黒)レベルまでの8階調で表わす場合、原画像に白から少しずつ濃度が高くなっている領域があつたとすると、第0レベル(真白)から第1レベル(最も濃度の低い灰色)に移るところで一つの境界が生じる。図1図の画素内に記載された数字はこれらの境界ではさまれる各領域の濃度レベルを表わしている。従つて図1図の場合符号化走査線Aでは濃度レベル0の領域に続いて濃度レベル2の画素が4画素、濃度レベル3の画素が3画素、次は濃度レベル4の領域に移っている。又参照走査線Bでは同様に濃度レベル0と濃度レベル4の領域にはさまれて濃度レベル1の画素が3画素、濃度レベル3の画素が5画素でいる。



(4)

符号化走査線A上での全画像信号は各濃度レベル(カラー画像信号では各色)ごとの境界 Q_1, Q_2, Q_3, \dots の位置とそれらにはさまれる領域の濃度レベルの値で与えられる。この場合逐次処理符号化によればその画像信号が予め知られている参照走査線Bとの相関をとることにより余分な情報は省略できることが知られている。以下左から右に符号化処理を行う場合について説明する。このため符号化走査線A、参照走査線Bの上にある境界状態を次のように分類する。

(1) 第1状態(以下 B_1 状態とよぶ)

符号化走査線上の境界Qに対し(1)参照走査線上にあり、(2)Qより左にあり、かつQに最も近い境界もしくはQより右にあり、かつQに最も近い境界(参照走査線上でQの真上に境界があるときはこの境界)であつて、(3)その境界のあらかじめ定められた側(ここでは左側とする)の濃度レベル(カラー画像信号では色)が符号化走査線上の境界Qの同じ側の濃度レベルと同じであつて、(4)その境界と境界 B_1 との間に符号化走査線上の境界が

存在しない状態。(4)の条件は後述のように必ずしも必須ではないが、理解し易いために付け加えてある)

これを図2図で説明すると符号化走査線上の境界Qに対して参照走査線上にあり且より左でQに最も近い境界は P_1 、Qより右でQに最も近い境界は P_2 である。そこで P_1, P_2 の左側 b_1, b_2 の濃度レベルのいずれかがQの左側 B_1 の濃度レベルと同じであるかどうかを判定する。仮に b_1 の濃度レベルが B_1 の濃度レベルと同じなら P_1 とQが対応する B_1 状態である。又 b_2 の濃度レベルが B_1 の濃度レベルと同じなら P_2 とQが対応する B_1 状態である。また b_1, b_2 の濃度レベルがいずれも B_1 の濃度レベルと異つていればQは B_1 状態ではない。

この場合 B_1 状態であることを示す情報と、QとP(Qに対し前記条件を満足する参照走査線上の境界)の相対距離(M_1)だけを与えてやればよい。 M_1 の表示はPとQの間にに入る画素数(ランゲクス)で与えるのが便利である。またQがPより左にあるときは $M_1 < 0$ 、右にあるときは $M_1 > 0$ とす



(5)



(6)

る（これは逆に決めてよい）。以下この情報を $S_1 (s_1)$ として示す。この状態は符号化走査線から参照走査線上に同じ密度レベルが接続している場合に生じる。従つて密度レベルの境界も接続している。第1図の例では P_1, Q_1 及び P_2, Q_2 が第1状態であることを示している。

即ち Q_1 に対して P_1 は左側で最も近く P_1, Q_1 の左側の密度レベルはいずれも第0レベルで同じになっている。また Q_2 に対しては P_2 が対応（この場合 Q_2 より右の境界と左の境界が一つに接続している）し P_1, Q_1 の左側の密度レベルはいずれも第3レベルになっている。なお P_1, Q_1 の S_1 状態では $s_1 = 1$ 、 P_2, Q_2 の S_1 状態では $s_1 = 0$ となる。

(2) 第2状態（以下 S_2 状態とよぶ）

参照走査線上的境界 P に対して第1状態を満足するような符号化走査線上的境界が存在しない状態。

この状態は参照走査線 B 上の密度レベルが符号化走査線 A 上に接続していない場合に生じる。第1図の例では境界 P_2 が S_2 状態を表わしている。

(7)

ある P_1)からのランレンジスで表わすと $s_1 = 2$ となる。

第1図の符号化走査線 A を左から右に順次符号化した結果を記号で表わすと

… $S_1 (+1), S_2, S_1 (2, 2), S_1 (0) \dots$

となる。即ち S_1, S_2, S_1 状態を識別する符号のあとに、 S_1, S_1 状態ではその境界位置を表わす情報を S_1 状態ではさらに密度レベルを与える情報を附加して順次符号化してゆけばよい。この情報をデジタル的に記述あるいは記憶するには一般的に “1” と “0” の 2 進符号を使う。

この場合符号構成はそれぞれの単位符号が識別できる構成なら任意に選ぶことができるが、圧縮率を高めくするには単位結果あたりの平均符号長ができるだけ短くなるように出塊率の高い状態符号、ランレンジス符号に短かい符号を割りあてることが望ましい。

第1段にこの場合の符号構成の一例を示す。一般的の画像信号では S_1 状態で s_1 が小さい場合が多いのでこれらに短かい符号を割りあてた。

(8)

なお S_2 状態では S_1 状態が存在する情報を与えれば十分である。例えば第2図で境界 P_1 が S_1 状態であるか S_2 状態であるかを判定するには境界 Q_1, Q_2 の左側の結果 s_1, s_2 の密度レベルを境界 P_1 の左側 b_1 の密度レベルと比較する。いずれも異なつていれば S_2 状態である。

(3) 第3状態（以下 S_3 状態とよぶ）

符号化走査線上的境界 Q に対して第1状態を満足するような参照走査線上的境界が存在しない状態。

この場合は S_3 状態であることを示す情報と Q の位置及び Q より左側の領域の密度レベル m を示す情報（それぞれ s_1, m で表わす）を与えればよい。 m は既知の境界からのランレンジスで表わすことができるが、符号長を短くするには直前の状態における境界位置（直前の状態が S_1 状態なら境界のうちの右側の境界）からのランレンジスで表わすのがよい。 m は密度レベルを他の符号と並列しないような形式で与えればよい。第1図の例では Q_2 が S_3 状態にあり、 s_1 は直前の状態（ S_1 状態で

(8)

第1表

状態	符号
$S_1 (s_1)$	$s_1 = 0$ 0
	$s_1 = +1$ 1 0 0
	$s_1 = -1$ 1 0 1
	$s_1 \geq 2$ 1 1 0 0 D($ s_1 - 2$)*
	$s_1 \leq -2$ 1 1 0 1 D($ s_1 - 2$)
S_2	1 1 1 0
$S_3 (s_1, m)$	1 1 1 1 D(s_1) L(m)

(註) | | は絶対値記号
D(s_1)には $00 \dots 01$

1個

を割りあてる

L(m)は m を 2 進数で表わした密度レベル

s_1, m のランレンジスを表わすには 2 個の値を用いる。各ランレンジス符号があるが、第1表の例では最後に 1 を付した 0 の進数値（これを L(m) とかく）で表わ

(10)

してある。 S_1 状態で $|S_1| \geq 2$ の場合は S_1 状態を示す符号 1100 または 1101 のあとに $(|S_1| - 2)$ 個の 0 を連結させ、最後に 1 をつける。 S_1 状態では S_1 状態を示す符号 1111 につづいて 0 を $|S_1|$ 個連結させ、そのあとに 1 を、最後に 濃度レベルを表わす符号 $L(m)$ をつける。 $L(m)$ を表わすには 8 階調では 3 ビット (16 階調では 4 ビット、 32 階調では 5 ビット……) を使って濃度レベル m を 2 進数表示する。即ち濃度レベルが 0 なら $L(m)$ は 000 、濃度レベルが 1 なら 001 ……濃度レベルが 7 なら 111 となる。

このような第 1 表の符号構成により第 1 図の符号化走査線 A を符号化した例を第 3 図に示す。ただし階調は 8 階調としたので $L(m)$ は 3 ビットで表わしてある。この符号は第 3 図を例にとると次のような手順で復号することができる。まず

“ 100 ”により S_1 状態で $M_1 = +1$ であることがわかるが、このときの基準となる参照走査線上の境界は最初に表われる P_1 であるので符号化走査線上の境界 Q_1 は P_1 より右に一画素分ずれたところにある。

(11)

うにして第 1 図の符号化走査線の情報を復号される。

第 4 図、第 5 図及び第 6 図に第 1 表の符号構成による他の符号化例を示す。各図の符号表示はいずれも第 1 表の符号構成で行っている。この発明で一つの画面を符号化するにあたっては 2 進画像信号の符号化と同様にまず第 1 表目の走査線について全情報を送り、以降の走査線は処理する走査線を参照走査線として逐次処理して行けばよい。第 1 表目の走査線は一画素ごとに 8 階調なら 3 ビット、 16 階調なら 4 ビットを使って全画素を電送してもよいが一次元符号化方式により冗長度抑圧してもよい。あるいは画面の最初に全白のような特定の画像の走査線を仮想し、これを最初の参照走査線として符号化してもよい。

第 1 表の符号構成は一例であつてこの発明に使用される符号構成はこれに限るものではない。例えば S_1 状態は M が 0 、 ± 1 、 $M_1 \geq 2$ 、 $M_1 \leq -2$ に分けて符号の形を変えているが、これは M が 0 、 ± 1 の場合が出現確率が高い場合に適合するよう

るにあり、 Q_1 より左側の領域の濃度レベルは P_1 より左側の領域と同じで第 0 レベルであることがわかる。

次に “ 1110 ” より S_2 状態であることがわかり参照走査線上で P_1 の次の境界 P_2 には対応する境界がないことがわかる。次には “ 1111 ” より S_2 状態であることが知られるのでそれに続く符号は $D(M_2)$ 、 $L(m)$ であることがわかる。

符号から $D(M_2)$ は “ 001 ” であり $M_2 = 2$ である。従つて次の境界位置 Q_2 は前状態 (S_2) の境界位置 P_2 より 2 画素分右にずれたところにある。また Q_2 より左側の濃度レベルは $L(m)$ の符号 “ 010 ” より第 2 レベルであることがわかる。さらに “ 0 ” 符号より $S_1(0)$ 状態であることがわかるが、 P_2 は前状態 (S_2) により対応する境界が存在しないことがわかつて、このときの基準となる参照走査線上の境界は P_3 となる。従つて符号化走査線上の次の境界 Q_3 は P_3 と同じ位置にあり、 Q_3 より左の領域の濃度レベルは P_3 より左の領域と同じで第 3 レベルとなる。以上に示すよ

(12)

に特に塗かい符号を割りあてたものであつて、このように場合分けすることは必ずしも必要ではない。またランレンジスは 0 の可逆長列で表わしているが、これは 1 の可逆長でもよく、またはケイルの符号など他のランレンジス符号あるいは断続的に標準化されている 2 進画像の場合の MHD (モディファイドヘフマン) 符号の黒符号 (あるいは白符号) を使うこともできることはもちろんである。

また S_2 状態の濃度レベルは左側の画素との濃度レベルの差で表わしてもよく、さらには濃度レベルを与えるのにランレンジス符号を使っててもよい。第 1 ～ 第 3 の状態 $S_1(M_1)$ 、 S_2 、 $S_3(M_2, m)$ の各符号は一画素あたりの平均符号長が塗かいくなるように出現確率の高いものに塗かい符号を割りあてることが適当なが、2 進画像信号の符号化と塗和性をよくするような符号構成とすることもできる。

第 2 表に他の符号構成例を、第 7 図に第 2 表の符号構成によって表示した第 1 図の画像の符号例

(13)

(14)

第3表 $W(\delta)$ の符号 (ワイルの符号)

(δ の値)	(符号)
1~4	0**
5~8	10**
9~16	110***
11~32	1110****
33~64	11110*****
65~128	111110*****
129~256	1111110*****
257~512	11111110*****
513~1024	111111110*****
1024~	1111111110*****

** ……は2進数

を示す。上記の例では参照走査線及び符号化走査線上の境界を順に処理して行くために S_1 状態は対応する参照走査線上の境界より近くに符号化走査線上の境界がない場合に限つた。このため第4図の境界 P_1 と Q_1 は左側の強度レベルは同じであるが、間に境界 Q_2 があるため S_1 状態とはならなかつた。

第2表

状態	符号
$S_1 (S_1)$	$S_1 = 0$ 00
	$S_1 \geq 1$ 10 $W(\delta)$
	$S_1 \leq -1$ 11 $W(\delta)$
S_2	010
$S_3 (S_3, m)$	011 $W(S_3) L(m)$

(註) $L(m)$ は2進表示した強度レベル
 $W(\delta)$ は第3表に示すようなワイルの符号

(15)

する。

さらには S_1 状態で対応する境界が参照走査線上にあり符号化しようとする境界 Q に最も近いという条件を取除いてもよい。ただしこの場合対応する参照走査線上の境界が他の S_1 、 S_2 もしくは S_3 状態に重複しないことが必要である。このような条件のもとに第1表の符号構成により第5図の画像を符号化した例を第9図に示す。

実際の画像では強度が連続的に変化しているような場合、か6図の場合のように S_1 もしくは S_2 状態が2回連続しその左右が同じ強度レベルであるような状態が生じやすい。その場合は S_1 もしくは S_2 状態が2度連続する場合に符号長が短くなるような符号化形態をとつてもよい。

例えば S_1 状態を次のような S'_1 状態で表わすこともできる。

 $S'_1 (S'_1, S'_2, m')$

ここで S'_1 : 連続している S_1 状態の左側の S_1 状態の S'_2 (直前の状態からのランレングス) の値。ただし S_1 状態が一つのみ

(17)

(16)

で連続しないときは $S'_1 = 0$ とする。

S'_2 : 連続している S_1 状態の右側の S_1 状態の S'_2 。(両方の S_1 状態を示す境界の間のランレングス)

m' : 右側の S_1 状態の示す強度レベル。
 (両方の S_1 状態の示す境界ではさまれる領域の強度レベル) ただし左側の S_1 状態を示す境界 (Q'_1 とする) より左で符号化走査線上すぐ左側の境界 ($S'_1 = 0$ の場合は Q'_1 と一致する) より右の領域の強度レベルは右側の S_1 状態の示す境界の右側の強度レベルと同じとみなす。

第1表の S_1 状態のかわりにこのような S'_1 状態を使い $S'_1 (S'_1, S'_2, m')$ を $11110 (S'_1) L (S'_2 - 1) L (m')$ で表わして第4図、第6図の画像信号を符号化するとそれぞれ第10図及び第11図のようになる。

第12図にこの発明に使用する符号器の実施例の構成をブロック図で示す。それぞれ画像信号 I

(18)

の一走査線分のメモリ容量を有するラインメモリ 11 及び 12 が直列に接続され、且つそれぞれのラインメモリの出力端子が識別回路の入力端子に接続されている。このラインメモリ 11 には符号化走査線の内容がラインメモリ 12 には参照走査線の内容が記憶されている。これらのラインメモリは多値信号を扱うため例えば CCD 多値メモリ等で構成することができる。

各ラインメモリ 11 及び 12 はクロフク発生器 17 からのシフトバスによって符号化走査線及び参照走査線の内容を逐次識別回路 13 に入力として与える。ラインメモリ 11 及び 12 の内容に応じて識別回路 13 は前述した状態 S_1, S_2, S_3 を識別する。ランレンジスカウンタ 14 は状態 S_1, S_2 次態の差分ランレンジス長、新しく発生した符号化ラインのランレンジス長を検出する。この場合識別回路 13 によって符号化走査線もしくは参照走査線上に境界が検出されると識別回路 13 からのリセットバス I_3 がランレンジスカウンタ 14 に与えられ、ランレンジスカウンタ 14 は新たな

(19)

次元符号化などの他の符号化方式と比較して符号長のより短かい方を選択して電送するような構成にしてもよい。この場合にどちらの符号化方式を選択したかは同期信号を変えるなどの方法により識別可能である。

以上のこの発明の実施例の説明においては主に中間調を含む画像信号の冗長度抑圧について述べたが、この発明はカラー画像信号の電送あるいは記憶にも同様に適用できる。この場合には輝度レベルに色の種類を対応させて発明を構成すればよい。即ち輝度レベルのかわりに 1 は赤、2 は緑…というように各色調を表わす信号を対応付けて行けばよい。

以上概要に説明したようにこの発明により中間調を含む画像信号あるいはカラー画像信号等の冗長度が抑圧でき、これをファクシミリに応用すれば電送時間の短縮がはかられ、画像メモリに使用すれば記憶容量の縮小が可能となる。特にこの発明による符号化方式はランレンジスを中心としているためファクシミリ構構などで白部分の多い画

ランレンジス後の検出を行う状態に移行する。

識別回路 13 によって識別された状態 S_1, S_2, S_3 について符号発生器 15 は状態 S_1, S_2, S_3 及びランレンジス長、状態 S_4 の新たな最高レベル信号を受けて例えば第 1 段の符号段に対応する符号を発生しこれをその出力端子に接続されたバツフアメモリ 16 に入力として与え、これがバツフアメモリ 16 に一時蓄積される。なおバツフアメモリ 16 は符号発生器 15 の情報発生の不均一性を補償して伝送路容量との整合を行うために挿入されている。このようにして画像信号 I_4 の符号化走査線及び参照走査線の内容が識別回路 13 で識別され、例えば第 1 段の符号段に対応する符号信号 P となつてバツフアメモリ 16 の出力端子に与えられるのである。この符号信号 P を復号する復号器は上に述べたものと逆の機能を持つ回路構成で実現することができる。

なおこの発明による符号化方式では画像信号の内容によつてはその圧縮率があまり高くならないこともありまするが、このために各走査線ごとに一

(20)

像情報の冗長度を抑圧する場合には圧縮率が高くなる利点がある。さらにこの発明による符号化方式では原画信号を忠実に符号化するので符号誤りがない限り符号化による画質の劣化がない利点がある。

4. 図面の簡単な説明

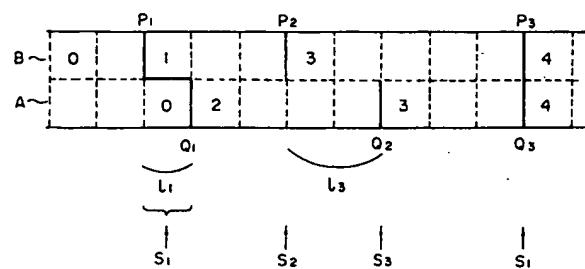
第 1 図はこの発明の実施例の概要の説明図、第 2 図は第 1 段に示す符号構成による第 1 図の符号化例を示す図、第 3 図、第 4 図、第 5 図及び第 6 図は第 1 段に示す符号構成による他の符号化例を示す図、第 7 図及び第 8 図は条件を変えて行つた第 1 図の符号化例を示す図、第 9 図、第 10 図及び第 11 図はそれぞれ条件を変えて行つた第 3 図及び第 5 図の符号化例を示す図、第 12 図はこの発明に使用する符号器の実施例の構成を示すブロック図である。

A : 符号化走査線、B : 参照走査線、11, 12 : ラインメモリ、13 : 識別回路、14 : ランレンジスカウンタ、15 : 符号発生器、16 : バツフアメモリ、17 : クロフク発生器。

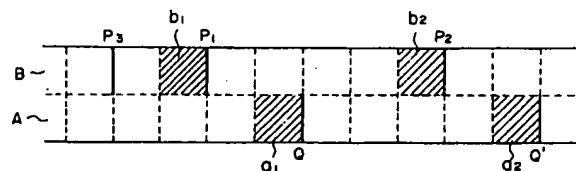
(21)

(22)

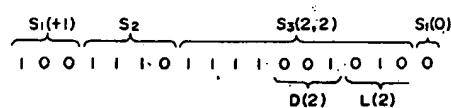
附 1 図



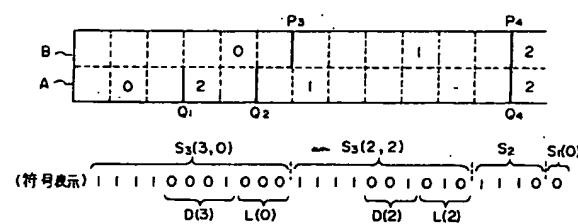
附 2 図



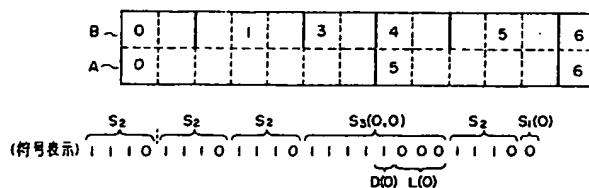
附 3 図



附 4 図



附 5 図



附 6 図

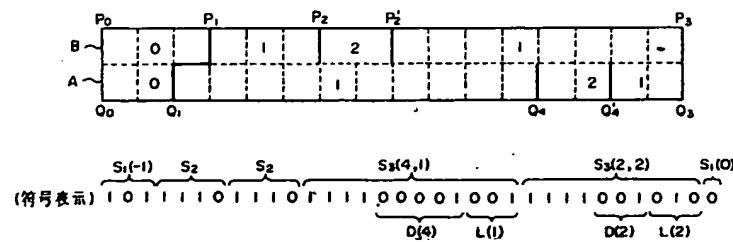


図 7 図

$S_1(+1)$ S_2 $S_3(2,2)$ $S_1(0)$
 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0
 W(1) W(2) L(2)

図 8 図

$S_1(-3)$ $S_3(2,2)$ $S_1(0)$
 1 1 0 1 0 1 1 1 1 0 0 1 0 1 0 0
 D(1) D(2) L(2)

図 9 図

$S_1(+5)$ S_2 S_2 S_2 $S_1(0)$
 1 1 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 0 0
 D(3)

図 10 図

$S_3(0,3,0)$ $S_3(0,2,2)$ S_2 $S_1(0)$
 1 1 1 1 0 0 1 0 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 1 0 0
 D(0) D(2) L(0) D(0) D(1) L(2)

図 11 図

$S_1(-1)$ S_2 S_2 $S_3(4,2,2)$ $S_1(0)$
 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 0 1 0 0
 D(4) D(2) L(2)

図 12 図

